

Arrangement for using specific heat of helium gas in regenerators for low temperature gas refrigeration machines uses one of two types of helium gas regenerators with refrigeration machine

Patent number: DE19924184
Publication date: 2000-11-30
Inventor: HEIDEN CHRISTOPH (DE); THUMMES GUENTER (DE)
Applicant: HEIDEN CHRISTOPH (DE); THUMMES GUENTER (DE)
Classification:
- **international:** F25B9/00
- **european:** F25B9/14; F28D17/00B
Application number: DE19991024184 19990527
Priority number(s): DE19991024184 19990527

Report a data error here

Abstract of DE19924184

The arrangement has a helium compressed gas regenerator of one of two types that is used in combination with a regenerative low temp. gas refrigeration machine. One type of helium compressed gas regenerator has a stationary has in a thin-walled tube. The other has a normal ball or granulate lead or other filling in the low temp. part of the regenerator.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 24 184 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
F 25 B 9/00

⑳ Aktenzeichen: 199 24 184.8
㉔ Anmeldetag: 27. 5. 1999
㉕ Offenlegungstag: 30. 11. 2000

DE 199 24 184 A 1

⑦① Anmelder:
Heiden, Christoph, Prof. Dr., 35440 Linden, DE;
Thummes, Günter, Dr., 22559 Hamburg, DE

⑦② Erfinder:
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Vorrichtung zur Nutzung der spezifischen Wärme von Helium-Gas in Regeneratoren von
Tieftemperaturgaskältemaschinen

DE 199 24 184 A 1

Beschreibung

Ausgangspunkt

Zur Erzeugung tiefer Temperaturen werden häufig regenerative Tieftemperaturgaskältemaschinen in einem geschlossenen Gas-Kreislauf herangezogen. Dieser Kreislauf umfaßt in der Regel einen Kompressor (Fig. 1) bei Raumtemperatur, der für eine passende Verdichtung des Kreislaufgases sorgt, danach durchströmt das Gas den sogenannten Regenerator, um dann im Expansionsraum einer Entspannung unterzogen zu werden. Das dabei sich abkühlende Gas nimmt Wärme aus der Umgebung des Expansionsraums auf (Kühleffekt) und wird durch den Regenerator wieder zum Kompressor geführt. Der Regenerator dient dabei als effizienter Zwischenspeicher für Wärme im Gas. Im stationären Zustand der Kältemaschine kühlt sich das Arbeitsgas durch Wechselwirkung mit der Regeneratormatrix während der Druckphase des Kompressors auf dem Wege zum Expansionsraum ab (gibt also Wärme an den Regenerator ab), während es in der Entspannungsphase auf dem Rückwege zum Kompressor die Wärme wieder aus dem Regenerator aufnimmt. Der Regenerator dient also einer effizienten thermischen Isolierung zwischen Kompressor und Expansionsraum trotz gleichzeitig relativ hohen Massenflusses des Arbeitsgases. Solche Regeneratoren werden selbstverständlich in Hinblick auf möglichst günstiges Betriebsverhalten mit entsprechenden Entwicklungsaufwand optimiert. (Angreifend an Parametern wie Durchströmwiderstand, therm. Leitfähigkeit, Totvolumen, Materialauswahl bezüglich spez. Wärme etc.).

Je nach Führung des Kreisprozesses können verschiedene Typen von regenerativen Gaskältemaschinen unterschieden werden, von denen drei genannt seien (Fig. 2):

Die ventillose Stirlingkältemaschine (Fig. 2a), der häufig benutzte Gifford-McMahon-Kühler, bei dem der Gasdruckwechsel über ein Steuerventil bei Raumtemperatur erfolgt (Fig. 2b), und der in jüngster Zeit zunehmende Beachtung findende Pulsröhrenkühler (Fig. 2c). Bei diesem kann sowohl ein "Stirling-artiger" Betrieb, d. h. ventillose Ankopplung an den Kompressor, als auch ein "Gifford-McMahon-artiger" Betrieb realisiert werden. Wesentlicher Punkt ist der Wegfall massiver beweglicher Teile im Expansionsraum (Verdränger, Verdränger-Regenerator). Hierdurch werden Eigenstörpegel, wie mechanische Vibrationen, drastisch reduziert, was diesen Kühler für manche Zwecke sehr attraktiv werden läßt. All diese Kühler sind in der Literatur ausführlich beschrieben.

Während die Erzeugung von Temperaturen in einstufigen Gaskältemaschinen bis hinab zu ca. 30 Kelvin keine besonderen Schwierigkeiten bereitet (Verwendung von Edelstahl- oder Bronzenetzen als Regeneratormatrix), entsteht ein Problem bei tiefen Temperaturen. Dies ist die "Erschöpfung" des Regenerators, d. h. der Verlust seiner Wärmespeicherfähigkeit durch die mit der Temperatur absinkende spez. Wärme der Materialien. Andererseits zeigt Heliumgas unter Druck ein Maximum in seiner volumetrischen spez. Wärme bei Temperaturen unter 10 K. Dies hat zur Konsequenz, daß selbst mit Bleiregeneratoren in der Tieftemperaturstufe zweistufiger Gaskältemaschinen kaum Temperaturen unter 6 Kelvin erreicht wurden (vgl. Fig. 3). Abhilfe gelang durch die Verwendung von Materialien mit einem Phasenübergang. Die damit einhergehende Steigerung der volumetrischen spez. Wärme der Matrix des Regenerators kann diesen dann auch wieder für diesen niedrigen Temperaturbereich effizient machen. Dies wurde durch die Verwendung von Seltene-Erdverbindungen erreicht (vgl. Fig. 4). Mit zweistufigen Gaskältemaschinen, vor allem vom Gifford-

MacMahon- und Pulsröhrentyp, gelingt es heute, Temperaturen deutlich unter 4 Kelvin im Temperaturbereich des flüssigen Heliums zu generieren.

Die Verwendung von Seltene-Erdverbindungen als Tieftemperaturregeneratormatrix hat leider ihren Preis:

- a) Die Verbindungen haben in der Regel eine magnetische Signatur, die im Zusammenhang mit magnetischen Applikationen störend sein kann, und
- b) die Verbindungen sind teuer.

Nachstehend wird daher eine Anordnung beschrieben, die unter Nutzung der spezifischen Wärme des Heliumgases selbst einen ausreichenden regenerativen Effekt zu realisieren gestattet.

Beschreibung der Vorrichtung zur Nutzung der spez. Wärme von Helium-Druckgas in Regeneratoren von Tieftemperaturgaskältemaschinen

Während der Wärmeaustausch zwischen der Regeneratormatrix und dem strömenden Heliumgas durch unmittelbaren Kontakt mit demselben zustandekommt, bedarf es bei der Nutzung von Heliumgas als Wärmespeicher eines Einschusses einer Quantität desselben in einen geeigneten Behälter, der im Regenerator untergebracht ist. Dieses im Regenerator stationäre Heliumgas muß thermisch mit guter Wärmeleitung an das strömende Arbeitsgas angekoppelt sein, wie auch sonst die Randbedingungen für einen guten Regenerator erfüllt sein müssen. Hierzu dient folgende Vorrichtung:

Typ I

Bei Typ I handelt es sich um den Einschluß des stationären Gases in dünnwandiges Rohr (Typ Ia) oder den Zwischenraum zwischen dünnwandigen Rohren Typ Ib). Das pulsierende Arbeitsgas durchströmt dann den jeweils komplementären Raum.

Eine Realisierungsform von Typ Ia (vgl. Fig. 5a) ist eine spiralförmige Anordnung des dünnwandigen Rohrs in dem äußeren Zylinder des Regenerators, wie sie z. B. im Gegenstromwärmetauscher vom Hampson-Typ bei Joule-Thomson-Kühlern verwendet wird. Der Vorteil dieser Anordnung ist eine verhältnismäßig geringe Zahl von Löt- und Verbindungsstellen in der Anordnung mit einhergehender Sicherheit gegen Lecks. Das eine Ende der Spirale ist verschlossen, das andere Ende dagegen wird mit dem Kontrolleingang am äußeren Regeneratorrohr verbunden. Mit diesem Kontrolleingang kann die Spirale mit Gas gefüllt werden, dessen Druck während des Kühler-Betriebs kontrolliert und eventuell variiert werden kann. Vorteilhaft wird der Kontrolleingang am warmen Ende des Regenerators angebracht.

Wandstärke der Spirale und Innendurchmesser müssen im Hinblick auf Wärmeleitung, mechanische Stabilität und guter Nutzung des Gaswärmeinhalts optimiert werden. Die Steigung der Spirale wird u. a. durch die Forderung nach gutem Wärmeübergang zwischen dem strömenden Gas und der Spirale sowie nach gleichzeitig geringem Durchflußwiderstand durch den Regenerator bestimmt.

Bei Typ Ib vertauschen sich die Rollen (vgl. Fig. 5b): Das stationäre Gas ist nun im Zwischenraum zwischen einem Bündel dicht gepackter Kapillarrohre im Zylinder des Regenerators eingeschlossen. Das strömende Gas durchfließt die parallelen Kapillaren, deren Anzahl und Geometrie den Strömungswiderstand bestimmt. Wandstärke und Durchmesser der Kapillaren sind wieder im Hinblick auf guten Wärmeübergang zu optimieren. Zur Reduktion von Gaskon-

vektion im stationären Gas empfiehlt es sich, strömungshemmendes Material zu füllen, wie etwa mit leichter Glaswollpackung. Es darf hierbei aber nicht die thermische Kopplung zur Kapillarstruktur beeinträchtigt werden.

Typ II

Bei Typ II wird der Regenerator in seinem Tieftemperaturteil mit einer normalen Kugel- oder Granulatschüttung aus Blei oder anderen Materialien gefüllt. In dieser Schüttung bilden sich perkulative Kanäle (Fig. 5c). Sie können in zwei Kategorien unterschieden werden: Solche, die mindestens einseitig verschlossen sind, und solche, die beidseitig offen sind. Durch letztere strömt das pulsierende Arbeitsgas. In den Kanälen der ersten Kategorie ist das stationäre Heliumgas eingeschlossen. Wiederum ist es wichtig, daß die thermische Kopplung zwischen strömendem und eingeschlossenem Gas gut ist: Auswahl der Kugel- bzw. Granulatgeometrie.

Abbildungen

- Fig. 1 Allgemeine Anordnung von Gaskältemaschinen
 Fig. 2a Stirling-Kühler,
 Fig. 2b Gifford-McMahon-Kühler,
 Fig. 2c Pulsröhrenkühler
 Fig. 3 Volumetrische spezifische Wärme von Blei und von Heliumdruckgas
 Fig. 4 Volumetrische spezifische Wärme von Seltene-Erdverbindungen
 Fig. 5a Heliumdruckgasregenerator, Typ Ia
 Fig. 5b Heliumdruckgasregenerator, Typ Ib
 Fig. 5c Perkolutiver Heliumdruckgasregenerator, Typ II

Patentansprüche

1. Heliumdruckgasregenerator nach Typ Ia in Verbindung mit regenerativen Tieftemperaturgaskältemaschinen.
2. Heliumdruckgasregenerator nach Typ Ib in Verbindung mit regenerativen Tieftemperaturgaskältemaschinen.
3. Heliumdruckgasregenerator nach Typ II in Verbindung mit regenerativen Tieftemperaturgaskältemaschinen.
4. Heliumdruckgasregenerator nach Typ Ia in Verbindung mit regenerativen Tieftemperaturgaskältemaschinen, derart, daß der Spiraleinlass des Regenerators mittels einer Füll-Kapillare thermisch isoliert von außen zugänglich ist.
5. Heliumdruckgasregenerator nach Typ Ia in Verbindung mit regenerativen Tieftemperaturgaskältemaschinen, derart daß die Druckgasfüllung über die Kapillare nach Anspruch 4 zur Betriebsoptimierung eingestellt wird.
6. Heliumdruckgasregenerator nach Typ Ia in Verbindung mit regenerativen Tieftemperaturgaskältemaschinen, derart, daß die Kapillare nach Anspruch 4 zusätzlich über ein Regulier-Ventil mit dem strömenden Gas an geeigneter Stelle zwecks Betriebsoptimierung verbunden werden kann.
7. Heliumdruckgasregenerator nach Typ Ia in Verbindung mit regenerativen Tieftemperaturgaskältemaschinen, derart, daß die Kapillare nach Anspruch 4 zusätzlich über ein Regulier-Ventil mit dem strömenden Gas zwecks Betriebsoptimierung verbunden werden kann, wobei über zusätzlich vorgesehene Puffervolumina eine hilfreiche Phasenverschiebung zwischen strömen-

dem Gas und dem stationären Gas eingestellt werden kann.

8.-11. Ansprüche 8.-11. wie Ansprüche 4.-8. entsprechend für Regenerator Typ Ib. Die Füll-Kapillare ist hier an geeigneter Stelle mit dem Raum zwischen dem Kapillarbündel für das strömende Gas im Regenerator zu verbinden.

12. Heliumdruckgasregenerator nach Typ II, derart, daß die Matrixkugelschüttung als Sinterkörper ausgebildet wird.

13. Heliumdruckgasregenerator nach Typ II, derart, daß der Matrixkörper aus geeignetem Metallschaum realisiert wird.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

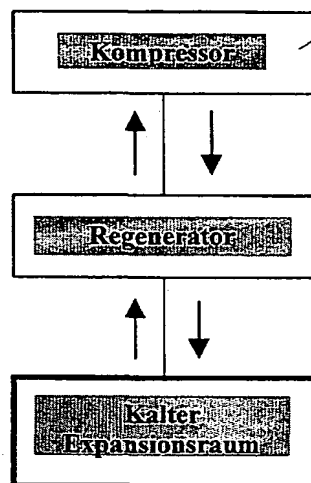


Fig. 1

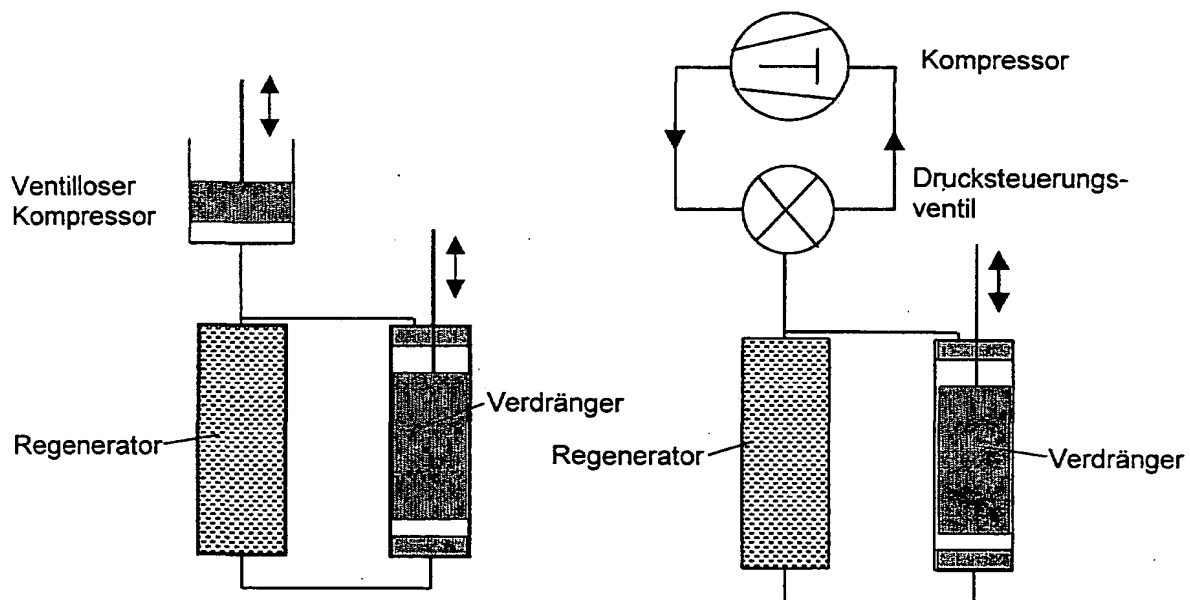


Fig. 2a)

Fig. 2b)

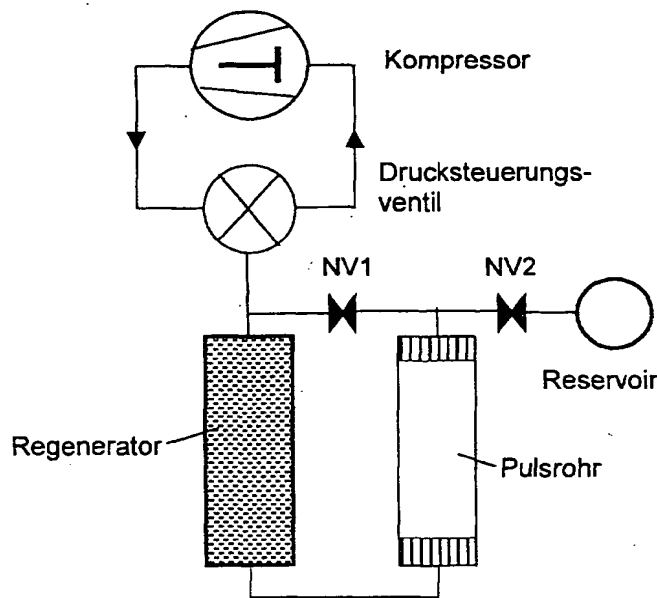


Fig. 2c)

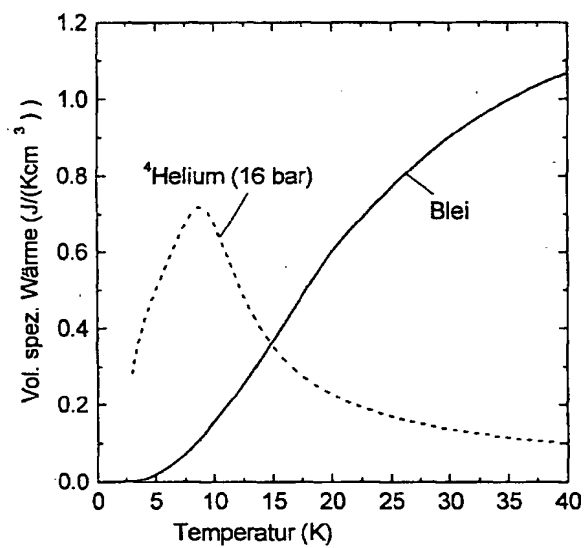


Fig. 3

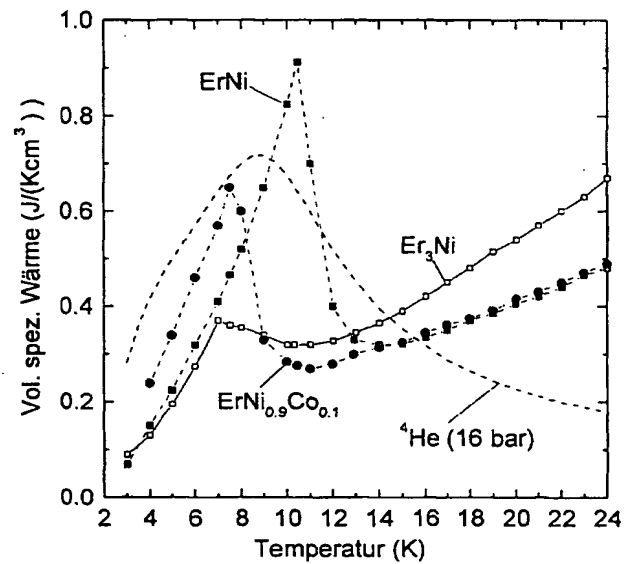


Fig. 4

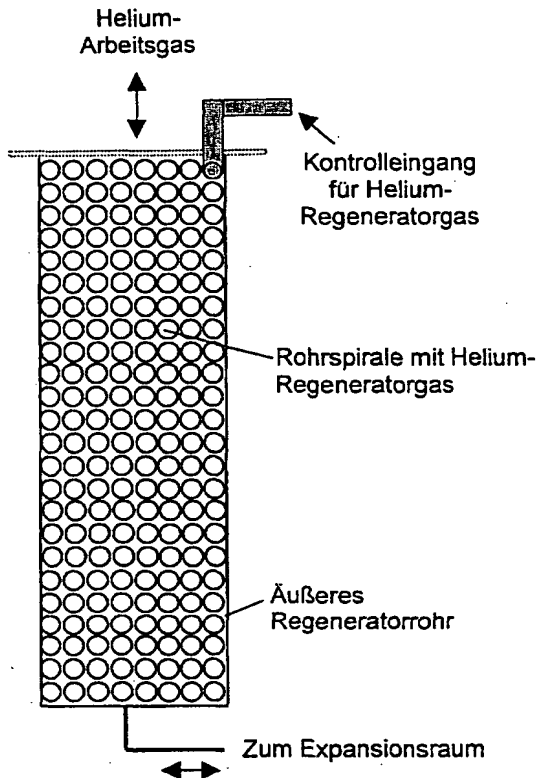


Fig. 5a)

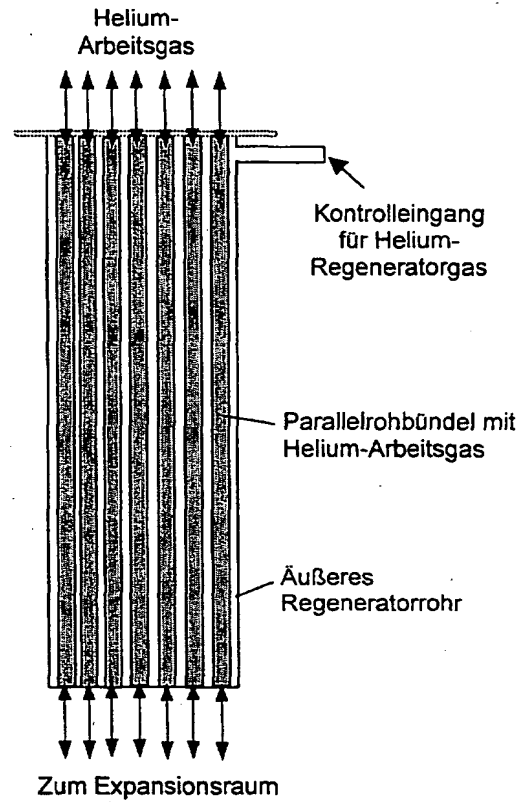


Fig. 5b)

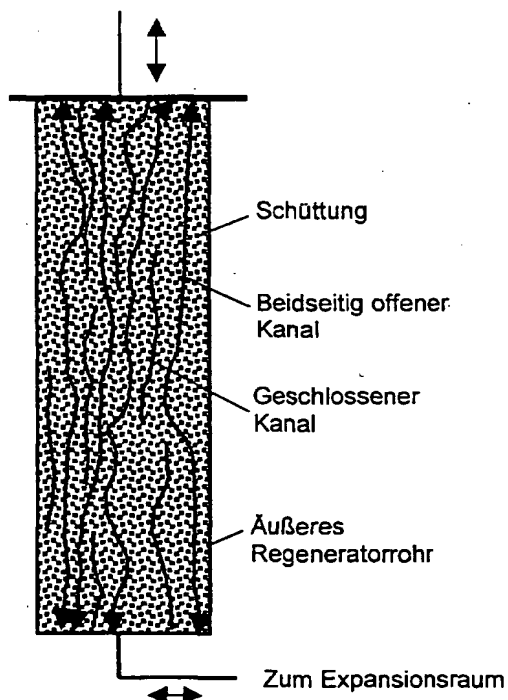


Fig. 5c)